

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-282256
 (43)Date of publication of application : 03.10.2003

(51)Int.Cl.

H05B 33/14
 G09F 9/30
 G09G 3/20
 G09G 3/30
 H05B 33/08
 H05B 33/26

(21)Application number : 2002-082848

(71)Applicant : SANGAKU RENKEI KIKO KYUSHU:KK

(22)Date of filing : 25.03.2002

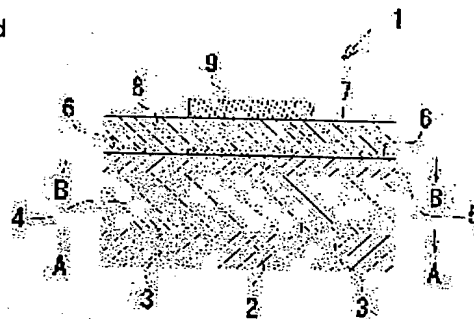
(72)Inventor : TSUTSUI TETSUO
 YASUDA TAKESHI

(54) ORGANIC THIN FILM LIGHT-EMITTING TRANSISTOR AND EMISSION LUMINANCE CONTROL METHOD USING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a characteristic by integrating an organic EL element with an organic transistor, to provide an organic thin film light-emitting transistor formed by improving a specific occupying area of a luminescent part on a substrate, and to provide an emission luminance control method capable of modulating emission luminance of the element only by varying a gate voltage.

SOLUTION: This organic thin film light-emitting transistor is characteristically provided with: the substrate 2; gate electrodes 3 formed on one surface of the substrate 2; a gate insulating thin film layer 4 formed so as to cover a region including at least the electrodes 3 on the surface of the substrate 2 on the electrode 3 side; an organic transistor activating thin film layer 5 formed on the surface of the layer 4; an electrode B7 formed on the surface of the layer 5; source electrodes 6 formed so as to surround the electrode B7 on the surface of the layer 5; an organic electroluminescent thin film layer 8 formed so as to cover at least a part of the electrode B7; and an electrode A9 formed on the surface of the layer 8.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-282256
(P2003-282256A)

(43) 公開日 平成15年10月3日 (2003. 10. 3)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 5 B 33/14		H 0 5 B 33/14	A 3 K 0 0 7
G 0 9 F 9/30	3 3 8	G 0 9 F 9/30	3 3 8 5 C 0 8 0
	3 6 5		3 6 5 Z 5 C 0 9 4
G 0 9 G 3/20	6 2 4	G 0 9 G 3/20	6 2 4 B
	6 4 1		6 4 1 D
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2002-82848 (P2002-82848)

(22) 出願日 平成14年3月25日 (2002. 3. 25)

(71) 出願人 800000035

株式会社産学連携機構九州

福岡県福岡市東区箱崎6丁目10番1号

(72) 発明者 筒井 哲夫

福岡県春日市紅葉ヶ丘東8-66

(72) 発明者 安田 剛

福岡県大野城市白木原1-10-27 白木原

ロイヤルハイツ101号

(74) 代理人 100076613

弁理士 苗村 新一

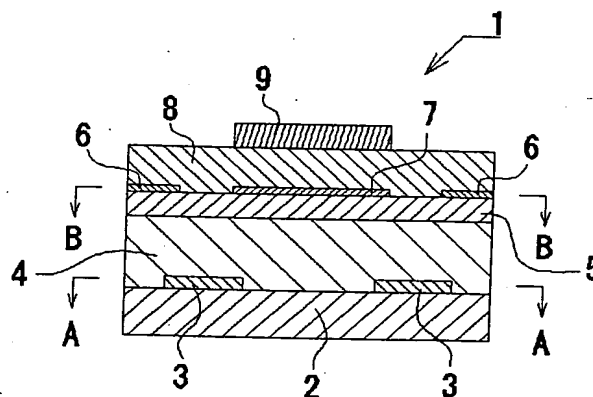
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機薄膜発光トランジスタ及びそれを用いた発光輝度制御方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 有機EL素子と有機トランジスタを一体化し、特性を向上させる。基板上に占める発光部の比占有面積を改良した有機薄膜発光トランジスタを提供し、ゲート電圧を変化させるだけで素子の発光輝度を変調することができる発光輝度制御方法を提供する。

【解決手段】 基板2と、基板2の一方の面に設けられたゲート電極3と、基板2のゲート電極3側の面に、少なくともゲート電極3を含む領域を覆うよう設けられたゲート絶縁薄膜層4と、ゲート絶縁薄膜層4の表面に形成された有機トランジスタ活性薄膜層5と、活性薄膜層5の表面に設けられた電極B7と、活性薄膜層5の表面に電極B7を包囲するように設けられたソース電極6と、少なくとも電極B7の一部を覆うように設けられた有機エレクトロルミネッセンス薄膜層8と、有機エレクトロルミネッセンス薄膜層8の表面に形成された電極A9とを具備することを特徴とする有機薄膜発光トランジスタ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、基板の一方の面に設けられたゲート電極と、基板のゲート電極が形成された側の面に、少なくともゲート電極を含む領域を覆うよう設けられたゲート絶縁薄膜層と、ゲート絶縁薄膜層の表面に形成された有機トランジスタ活性薄膜層と、有機トランジスタ活性薄膜層の表面に設けられた電極Bと、有機トランジスタ活性薄膜層の表面に電極Bを包囲するように設けられたソース電極と、少なくとも電極Bの一部を覆うように設けられた有機エレクトロルミネッセンス薄膜層と、有機エレクトロルミネッセンス薄膜層の表面に形成された電極Aとを具備することを特徴とする有機薄膜発光トランジスタ。

【請求項2】 基板と、基板の一方の面に設けられたゲート電極と、基板のゲート電極が形成された側の面に、少なくともゲート電極を含む領域を覆うよう設けられたゲート絶縁薄膜層と、ゲート絶縁薄膜層の表面に設けられた電極Bと、ゲート絶縁薄膜層の表面に電極Bを包囲するように設けられたソース電極と、少なくとも電極Bの一部を覆うように設けられた有機薄膜層と、有機薄膜層の表面に形成された電極Aとを具備することを特徴とする有機薄膜発光トランジスタ。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の有機薄膜発光トランジスタのソース電極と電極Aとの間に電圧を印加し、ゲート電極に印加する電圧の変化により電極Aと電極B間を流れる電流量を調節し発光輝度を制御することを特徴とする発光輝度制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、有機薄膜に電流を流して面状発光を取り出す有機薄膜エレクトロルミネッセンス素子（以下、有機EL素子という）を用いた有機薄膜発光トランジスタ及びそれを用いた発光輝度制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 有機薄膜EL素子は、電圧の印加によって両面の電極から有機薄膜中に注入される電子と正孔の再結合による発光を利用する電流駆動型の面状自発光素子である。従って、有機EL素子が発光する時間は、印加した電圧により電子と正孔が注入されている時間中だけに限られ、素子が発光状態であるか非発光状態かは、駆動電圧印加のON、OFF状態にのみ対応している。即ち、駆動のための電気エネルギーの供給と発光、非発光の駆動情報の付与とを切り離すことが不可能である。このため、有機EL素子を多数のピクセルから構成される面状表示素子として利用する場合に、各ピクセルの発光にメモリー効果がないので、単純マトリックス方式による直接駆動か、アクティブマトリックス薄膜トランジスタ（TFT）を用いる駆動方式かを採用しなければ画像表示はできない。

【0003】 しかしながら、単純マトリックス方式による直接駆動方式には、クロストークや、階調付与の困難性等の問題があり、アクティブマトリックス駆動方式には、作製コストが高い、大面積表示が困難である等の問題がある。有機EL素子をSi-TFTでアクティブマトリックス駆動する場合は、基板上に通常の方法でSi-TFTを作成後に、これとは全く異なる製造プロセスでその上部に有機EL素子部を形成しなければならない。もし、基板上に有機TFT部と有機EL素子部を作成することにすれば、同一の乾式ないしは湿式製膜方式でアクティブマトリックス駆動の有機ELディスプレイを作製できる可能性があり、その例が報告されている

(A. Dodabalapur, Z. Bao, A. Makhija, J. g. Laquindanum, V. R. Raju, Y. Feng, H. E. Kats, J. Rogers; "Organic smartpixels", Applied Physics Letter, 73 (2), 142-144 (1998))。しかしながら、上記従来の有機EL素子と有機トランジスタを基板上に並列に配置する方式は、駆動トランジスタと発光部を別々のプロセスで作製するという煩雑さと、駆動部が基板上で占める面積が大きいため発光部が基板上で占める比面積が小さくなるという問題を有していた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の課題は、有機EL素子と有機トランジスタを一体化し、有機薄膜発光トランジスタを容易に作製することができるとともに、トランジスタで制御する有機EL素子の特性を画期的に向上させ、基板上に占める発光部の比占有面積を格段に改良した有機薄膜発光トランジスタを提供すること、及びゲート電圧を変化させるだけで有機EL素子の発光輝度を変調することができる発光輝度制御方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは、上記課題を解決するため鋭意検討した結果、本発明を完成するに至った。すなわち、有機EL素子は電流駆動素子であるので、ディスプレイを構成するピクセルの発光輝度はピクセルに流す電流量に比例する。一方、一個の電界効果トランジスタで制御できる飽和電流の量は、用いる活性層材料のキャリア移動度とチャンネル幅に比例し、チャンネル長に逆比例する。有機薄膜材料のキャリア移動度は、大きいもので $10^{-2} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度であるので、チャンネル長を数ミクロン以下にしても、チャンネル幅をチャンネル長と同程度のサイズにしたのでは有機EL素子のピクセルを明るく発光させるに足る電流を流すことはできない。

【0006】 ところが、チャンネル幅が発光素子のピクセルサイズより大きなトランジスタを用いたのでは、基板上で駆動トランジスタ部分が発光素子の発光面積より広い面積を占有することになってしまう。この矛盾点を解決する手段としては、チャンネル幅を大きくするた

め、発光素子の周辺部に線状の長いチャンネルを形成する方法がある。この方法を一歩すすめて、発光素子の電極の周りに一体的にトランジスタのソースドレイン電極を作りこめば、素子構成も一挙に簡素化できるという新しい発想に至った。

【0007】すなわち、本発明は、以下の〔1〕～〔3〕に記載した事項により特定される。

〔1〕基板と、基板の一方の面に設けられたゲート電極と、基板のゲート電極が形成された側の面に、少なくともゲート電極を含む領域を覆うよう設けられたゲート絶縁薄膜層と、ゲート絶縁薄膜層の表面に形成された有機トランジスタ活性薄膜層と、有機トランジスタ活性薄膜層の表面に設けられた電極Bと、有機トランジスタ活性薄膜層の表面に電極Bを包囲するように設けられたソース電極と、少なくとも電極Bの一部を覆うように設けられた有機エレクトロルミネッセンス薄膜層と、有機エレクトロルミネッセンス薄膜層の表面に形成された電極Aとを具備することを特徴とする有機薄膜発光トランジスタ。

【0008】〔2〕基板と、基板の一方の面に設けられたゲート電極と、基板のゲート電極が形成された側の面に、少なくともゲート電極を含む領域を覆うよう設けられたゲート絶縁薄膜層と、ゲート絶縁薄膜層の表面に設けられた電極Bと、ゲート絶縁薄膜層の表面に電極Bを包囲するように設けられたソース電極と、少なくとも電極Bの一部を覆うように設けられた有機薄膜層と、有機薄膜層の表面に形成された電極Aとを具備することを特徴とする有機薄膜発光トランジスタ。

【0009】〔3〕〔1〕又は〔2〕に記載の有機薄膜発光トランジスタのソース電極と電極Aとの間に電圧を印加し、ゲート電極に印加する電圧の変化により電極A

と電極B間を流れる電流量を調節し発光輝度を制御する、発光輝度制御方法。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明を詳細に説明する。有機EL素子で一边の長さがWの正方形のピクセルを考え、そのピクセルを流れる電流をIとすると、面発光輝度は I/W^2 に比例する。一方、この一边の長さがWの正方形のピクセルの外周をチャンネル長に取ったトランジスタで取り囲むとすると、トランジスタを流れるソースドレイン電流Iは4Wに比例する。トランジスタに流すことができる単位チャンネル幅当たりの電流を I_{lim} とすると、この発光素子の外周に沿ってトランジスタを作り込んだ素子では、ピクセルの面発光輝度は $4I_{lim}W/W^2 = 4I_{lim}/W$ に比例する。即ち、同じ材料を用いたチャンネル長が同一のトランジスタと比較すると、ピクセルのサイズに逆比例して、最大面発光輝度は大きくなることがわかる。従って、この発光素子とトランジスタが一体化した素子は、ピクセルサイズが大きなディスプレイには適さないが、小さなピクセルサイズを集積して構成する高解像度のディスプレイでより有効性が大きいことがわかる。

【0011】表1（表1）に、キャリア移動度が $0.020\text{ cm}^2/\text{Vs}$ （有機薄膜トランジスタで報告されている典型的な値）で、チャンネル長が 0.1 mm の場合の飽和電流の値とその時の発光効率 1.5 cd/m^2 （有機EL素子の典型的な発光効率）の発光素子を組み込んだ場合の発光輝度の値をピクセルサイズを $100\text{ }\mu\text{m}$ から 10 mm まで変えた場合の例を示した。

【0012】

【表1】

チャンネル幅 (mm)	ピクセル (mm ²)	電流 (μA)	電流密度 (mA/cm ²)	輝度 (cd/m ²)
10×4	100	128	0.128	1.88
5×4	25	64	0.256	3.84
1×4	1	12.8	1.28	19.2
0.5×4	0.25	6.4	2.56	38.4
0.3×4	0.09	3.84	4.26	42.6
0.2×4	0.04	2.56	6.4	96
0.1×4	0.01	1.28	12.8	192

【0013】電流は、FETの飽和電流の下記式（1）（数1）を用いて計算した。

$$I_{sat} = W/2L (C_i \mu (V_G - V_T)^2) \quad (1)$$

（式中、Wはチャンネル幅、Lはチャンネル長、 C_i は素子のキャパシタンス、 μ はキャリア移動度、 V_G はゲート電圧、 V_T はしきい電圧をそれぞれ表す）表1から、ピクセルサイズが 1 mm 以下であれば、現在開発されている材料を用いても 19 cd/m^2 以上の明るい発光が実現できることがわかる。

【0015】以下、有機薄膜発光トランジスタ及びその

【0014】

【数1】

製造方法並びに発光輝度制御方法について、図面を参照しながら説明する。

（実施の形態1）図1は本発明の実施の形態1における有機薄膜発光トランジスタの構造の一例であり、図2は図1のA-Aにおける断面図であり、図3は図1のB-Bにおける断面図である。図中1は有機薄膜発光トランジスタ、2は基板、3は基板2の一方の面に設けられた

ゲート電極、4は基板のゲート電極3が形成された側の面に、少なくともゲート電極3を含む領域を覆うように設けられたゲート絶縁薄膜層、5はゲート絶縁薄膜層4の表面に形成された有機トランジスタ活性薄膜層、6は有機トランジスタ活性薄膜層5の表面に設けられた面状の電極B、7は電極B6を包囲するように設けられたソース電極、8は少なくとも電極B6とソース電極7を含む領域を覆うように設けられた有機エレクトロルミネセンス薄膜層（以下、有機EL薄膜層という）、9は有機EL薄膜層8の表面に形成された面状の電極A、10、11は電極の取出口である。

【0016】ここで、有機EL薄膜層からの発光は、電極Bを通して基板側から取り出す場合と、電極Aを通して基板側と反対方向に取り出す場合とがある。有機EL薄膜層からの発光を電極Bを通して基板側から取り出す場合には、透明電極、半透明電極等の各種可視光を通過する電極材料、具体的には、ITO薄膜、酸化亜鉛薄膜、インジウム亜鉛酸化物薄膜、半透明金薄膜、半透明アルミニウム薄膜、半透明白金薄膜、CuI薄膜等とし、ゲート電極を、図2に示すような形状の光通過部を有する電極、あるいは透明電極、半透明電極等の各種可視光を通過する電極材料、具体的には、ITO薄膜、酸化亜鉛薄膜、インジウム亜鉛酸化物薄膜、半透明金薄膜、半透明アルミニウム薄膜、半透明白金薄膜、CuI薄膜等にする。また、有機EL薄膜層からの発光を電極Aを通して基板側と反対方向に取り出す場合には、電極Aを透明電極、半透明電極等の各種可視光を通過する電極材料、具体的には、ITO薄膜、酸化亜鉛薄膜、インジウム亜鉛酸化物薄膜、半透明金薄膜、半透明アルミニウム薄膜、半透明白金薄膜、CuI薄膜等にする。

【0017】基板の材質は、シリコンウエハ、ガラス、錫インジウム酸化物、雲母、グラファイト、硫化モリブデンの他、銅、亜鉛、アルミニウム、ステンレス、マグネシウム、鉄、ニッケル、金、銀等の金属、ポリイミド、ポリエステル、ポリカーボネート、アクリル樹脂等のプラスチックフィルム等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0018】ゲート電極の形状の一例を図2に示したが、形状は必ずしもこれに限定されるものではなく、円形、長方形等の他、基板上に多数の発光部を集積し、面状発光部を最大化する形状とすることができる。

【0019】ゲート絶縁薄膜層の材質としては、ポリビニルフェノール、ポリパラキシリレンやその誘導体、ポリイミドやその誘導体、ポリアクリロニトリル、ポリメタクリル酸メチル、ポリスチレン、ポリフェノール誘導体、ポリ尿素、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリフッ化ビニル、ポリフッ化ビニリデン、アセチルセルロースやその誘導体等のポリマー薄膜、アルミナなどの金属酸化物薄膜、シリカなどの無機酸化物薄膜、シリコン窒化物薄膜等が用

いられ、スピンコートにより形成する湿式法、パリレン薄膜（パリレン：商品名：日本パリレン社（株）製）を真空蒸着で形成する乾式法、電解酸化による薄膜形成法、電解重合法、シリカやアルミナの薄膜をスパッタで形成する方法等が用いられるが、これらに限定されるものではない。ゲート絶縁薄膜層は、少なくともゲート電極を含む領域を覆うように形成されていれば足り、基板の全面を覆うように形成される必要はない。

【0020】有機トランジスタ活性薄膜層の材質としては、共役ポリマーで代表されるポリマーないしはオリゴマー、例えば、ポリフェニレンビニレン誘導体、ポリフルオレン誘導体、ポリチオフェン誘導体、ポリフェニレン誘導体およびこれらの共重合体、オリゴフェニレン、オリゴチオフェン、オリゴフェニレンビニレン等の芳香族炭化水素オリゴマー等が挙げられ、この場合にはスピンコート法、ディップコーティング法、インクジェットプリント法、スクリーンプリント法、スプレイコーティング法等の湿式法が用いられる。また、低分子物質、例えば、ペンタセン、テトラセン、銅フタロシアニン、フッ素置換フタロシアニン、ペリレン誘導体等の場合には主に真空蒸着法が用いられるが、電解重合法、電解析出法等の手法も用いることができる。

【0021】ソース電極、電極Bの形状の一例を図3に示したが、必ずしもこれに限定されるものではなく、円形、長方形等の他、基板上に多数の発光部を集積し、面状発光部を最大化する形状とすることができる。

【0022】有機EL薄膜層としては、単層有機薄膜、ないしは2層以上の有機薄膜を積層して形成される。ここで、有機薄膜には低分子化合物（具体的には、ホール輸送層としてのN、N'-ジフェニル-N、N'-（ビス-3-メチルフェニル）-1,1'-ジフェニル-4,4'-ジアミン（TPD）等の芳香族アミン類の薄膜と電子輸送性発光層としての8-オキシキノリノアルミニウム錯体等の薄膜との積層薄膜等）から成るもの、高分子化合物（具体的には、ポリパラフェニレンビニレン誘導体、ポリフルオレン誘導体、ポリフェニレン誘導体等）から成るもの、両者の混合物から成るもの等が含まれる。

【0023】有機EL薄膜層を挟む上電極Aと電極Bの表面は、バッファ層と呼ばれるキャリア注入を促進し駆動電圧を低下させる役目のリチウム、マグネシウム等の金属、LiF、Li₂O、CaO等の無機化合物、フタロシアニン等の有機化合物、あるいはそれらの混合物の薄膜で覆われている場合もある。電極Bの上面に有機EL薄膜層を形成する場合、電極Bを陽極として利用するので、まず陽極バッファ層として、陽極を保護し、正孔の注入特性を改良する目的で、フタロシアニン、芳香族ポリアミン類等の蒸着薄膜や、ポリアニリン、ポリチオフェンおよびその誘導体、ポリピロール等の導電性高分子薄膜を形成して用いる。

【0024】電極Aと有機EL薄膜層の間には陰極バッファ層としてLiF等の無機誘電体薄膜、Li酸化物の金属酸化物、アルカリ金属やアルカリ土類金属イオンを含む有機物薄膜層等が挿入される場合がある。明細書中、陽極、陰極で用いる電極には、このようなバッファ層を付加した場合を含む。有機EL薄膜層を形成する方法としては、真空蒸着法、スピコート法、ディップコート法、シルクスクリーン法、スプレイ法、インクジェットプリント法等、溶液からの各種湿式製膜法等が用いられる。有機EL薄膜層は、少なくとも電極Bの一部を含む領域を覆うように形成されていれば足りる。

【0025】陰極としての電極Aには、具体的にはアルミニウム、アルミニウム-リチウム合金、カルシウム、マグネシウム-銀合金等の金属電極等が用いられる。電極Aの形状は、特に限定されるものではないが、ソース電極からの漏れ電流を防止し、発光部の面積を最大にする点から、電極Bとほぼ同一の形状とするのが好ましい。

【0026】ゲート電極、ソース電極、電極B（ドレイン電極）及び電極Aの電極材料としては、金、銅、アルミニウム、白金、クロム、パラジウム、インジウム、ニッケル、マグネシウム、銀、ガリウム等の金属やこれらの合金、スズ・インジウム酸化物、ポリシリコン、アモルファスシリコン、スズ酸化物、酸化インジウム、酸化チタン等の酸化物半導体、ガリウム砒素、窒化ガリウム等の化合物半導体等の1種又は2種以上が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0027】以下、本実施の形態における有機薄膜発光トランジスタの製造方法を説明する。まず、有機EL薄膜層からの発光を電極Bを通して基板側から取り出し、電極Bを有機EL素子部の陽極として、電極Aを陰極として用いる場合について説明する。基板上に、図2に示した形状のゲート電極としての金薄膜を形成する。ここで、パターン形成にはマスク蒸着、フォトレジストを用いた方法等が用いられる。

【0028】次に、基板全面にゲート絶縁薄膜層を形成する。ゲート絶縁薄膜層としてポリマー薄膜を用い、スピコートによる湿式法等により形成する。その後、ゲート絶縁薄膜層の上部に有機トランジスタ活性薄膜層を基板全面に形成する。ここで、有機トランジスタ活性薄膜層が共役ポリマーで代表されるポリマーないしはオリゴマーである場合、スピコート等の湿式法が利用できるが、低分子物質の場合は主に真空蒸着法を用いる。

【0029】有機トランジスタ活性薄膜層の上部に、光透過性がある電極B（ドレイン電極）とソース電極を、図3に示した形状に形成する。透過率が50%以上あるような厚さの金電極をマスク蒸着する、有機トランジスタ活性薄膜層にダメージを与えない条件を選んでインジウム錫酸化物透明導電性薄膜（ITO透明電極）をスパッタで形成する等の方法が用いられる。ソース電極と電

極Bを形成した後、電極Bの上部全面に有機EL薄膜層を形成し、最後に陰極電極Aを形成して有機薄膜発光トランジスタが完成する。

【0030】このように形成された有機薄膜発光トランジスタにおいて、電極Aが陰極である場合の駆動法としては、予めソース電極（接地）に対して電極Aをマイナスにバイアスする。例えば-15Vを印加した状態では、印加電圧はトランジスタ部のソース電極-ドレイン電極（電極B）間と有機EL部の陰極（電極A）-電極B（陽極）間に分配されるが、ゲート電圧が加わっていないため、主に電圧はトランジスタ部にかかっている。

【0031】この状態で、ゲート電極に加えるマイナス電圧を増加させると電界効果が働き、しきい電圧以上になるとトランジスタ部のソース電極-ドレイン電極間に電流が流れ始める。この状態では、ソース電極と電極A間の電圧は主に陰極（電極A）-電極B（陽極）間に加わるので、有機EL部にも電流が流れ、即ちソース電極-ドレイン電極間を移動したホールは陽極に到達後陽極の面全体に広がり、面状の電極B（陽極）全面からホールが有機EL薄膜層に均一に注入され、一方、陰極（電極A）から電子が有機EL薄膜層に注入され、注入されたホールと電子が再結合して面状発光に至る。発光は透明性の電極B（陽極）を通して基板側から取り出される。このように、ソース電極-ドレイン電極間には一定の電圧を印加したままで、ゲート電圧を変化させることで発光輝度を変調することができる。

【0032】次に、電極Aが陽極である場合の駆動法としては、ソース電極に対して電極A（陽極）をプラスにバイアスする。例えば、+15Vを印加した状態では、印加電圧はトランジスタ部のソース電極-ドレイン電極（電極B）間と有機EL部の陽極（電極A）-電極B（陰極）間に分配されるが、ゲート電圧が加わっていないため、主に電圧はトランジスタ部にかかっている。

【0033】この状態で、ゲート電極に加えるマイナス電圧を増加させると電界効果が働き、しきい電圧以上になるとトランジスタ部のソース電極-ドレイン電極間に電流が流れ始める。この状態ではソース電極と電極A間の電圧は主に陽極（電極A）-電極B（陰極）間に加わるので、有機EL部にも電流が流れ、即ちホールはドレイン電極（電極B）からソース電極に向けて移動し、陰極である電極B全面から電子が有機EL薄膜層に注入され、一方、陽極（電極A）からホールが有機EL薄膜層に注入され、注入されたホールと電子が再結合して面状発光に至る。発光は透明性の電極B（陰極）を通して基板側から取り出される。

【0034】このように、ソース電極-ドレイン電極間には一定の電圧を印加したままで、ゲート電圧を変化させることで発光輝度を変調することができる。一方、発光を基板側と反対方向の電極Aを通して取り出す場合には、電極AにITO薄膜、半透明金電極等の各種可視光

を通過する電極材料等を用いることができるが、ITO薄膜が好適である。

【0035】（実施の形態2）図4は本発明の実施の形態2における有機薄膜発光トランジスタの構造の一例である。図中1aは有機薄膜発光トランジスタ、2aは基板、3aは基板2aの一方の面に設けられたゲート電極、4aは基板のゲート電極3aが形成された側の面に、少なくともゲート電極3aを含む領域を覆うように設けられたゲート絶縁薄膜層、6aはゲート絶縁薄膜層4aの表面に形成された面状の電極B、7aは電極B6aを包囲するように設けられたソース電極、8aは少なくとも電極B6aとソース電極7aを含む領域を覆うように設けられた有機薄膜層、9aは有機薄膜層8aの表面に形成された面状の電極Aである。

【0036】本実施の形態における有機薄膜発光トランジスタは、有機トランジスタ活性薄膜層の役割と有機EL活性薄膜層の全部ないし一部の役割を有機薄膜層が担っている。

【0037】ここで、有機トランジスタ活性薄膜層と有機EL活性薄膜層の両方の機能を兼ね備えた有機薄膜層の材料としては、具体的には、フェニレンビニレンオリゴマー、フェニレンオリゴマー、ペンタセン、アントラセン、テトラセン等の芳香族炭化水素の真空蒸着薄膜、チオフェンオリゴマー等のヘテロ原子を含む芳香族化合物の真空蒸着薄膜、ポリチオフェン誘導体、ポリフェニレンビニレン誘導体、ポリフルオレン誘導体、ポリフェニレン誘導体等の主鎖に共役ポリマーの薄膜等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。有機薄膜層を作製する方法としては、真空蒸着法、スピンコート法、ディップコート法、シルクスクリーン法、スプレイ法、インクジェットプリント法等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0038】基板、ゲート電極、ゲート絶縁薄膜層、電極B、ソース電極及び電極Aについては、実施の形態1と同様である。本実施の形態における有機薄膜発光トランジスタは、有機トランジスタ活性薄膜層と有機EL薄膜層を別々に形成する必要がなくなり、プロセスをより簡素化でき、製造コストを低減することができる。

【0039】以下、本実施の形態における有機薄膜発光トランジスタの製造方法を説明する。実施の形態1と同様に、基板上にゲート電極、ゲート絶縁薄膜層を形成する。その上部に直接ソース電極とドレイン電極（電極B）を形成する。この上に有機トランジスタ活性薄膜層と有機EL薄膜層の一部を兼ねる有機薄膜層を形成し、この上に電極Aを形成する。

【0040】ここで、有機トランジスタ活性薄膜層と有機EL薄膜層を兼ねる層として、単層膜を用いる場合と、有機トランジスタ活性薄膜層と有機EL薄膜層の一部（電子輸送層ないしはホール輸送層）を兼ねる層を形成した上部に、更にホール輸送性発光層ないしは電子輸送

性発光層を形成した2層積層構造とする場合とがある。

【0041】このように形成された有機薄膜発光トランジスタにおいて、電極Aが陰極である場合の駆動法としては、予めソース電極（アース電位）に対して電極Aをマイナスにバイアスする。例えば $-15V$ を印加した状態では、印加電圧はトランジスタ部のソース電極—ドレイン電極（電極B）間と有機EL部の陰極（電極A）—電極B（陽極）間に分配されるが、ゲート電圧が加わっていないため、主に電圧はトランジスタ部にかかっている。

【0042】この状態で、ゲート電極に加えるマイナス電圧を増加させると電界効果が働き、しきい電圧以上になるとトランジスタ部のソース電極—ドレイン電極間に電流が流れ始める。この状態ではソース電極と電極A間の電圧は主に陰極（電極A）—電極B（陽極）間に加わるので、有機EL部にも電流が流れ、即ちソース電極—ドレイン電極間を移動したホールは陽極に到達後は一旦陽極の面全体に広がり、面状の電極B（陽極）全面からホールが有機トランジスタ活性薄膜層を兼ねる有機EL薄膜層に再度均一に注入され、一方、陰極（電極A）から電子が有機EL薄膜層に注入され、注入されたホールと電子が再結合して面状発光に至る。発光は透明性の電極B（陽極）を通して基板側から取り出される。このように、ソース電極—ドレイン電極間には一定の電圧を印加したままで、ゲート電圧を変化させることで発光輝度を変調することができる。

【0043】次に、電極Aが陽極である場合の駆動法としては、ソース電極に対して電極A（陽極）をプラスにバイアスする。例えば $+15V$ を印加した状態では、印加電圧はトランジスタ部のソース電極—ドレイン電極（電極B）間と有機EL部の陽極（電極A）—電極B（陰極）間に分配されるが、ゲート電圧が加わっていないため、主に電圧はトランジスタ部にかかっている。

【0044】この状態で、ゲート電極に加えるマイナス電圧を増加させると電界効果が働き、しきい電圧以上になるとトランジスタ部のソース電極—ドレイン電極間に電流が流れ始める。この状態ではソース電極と電極A間の電圧は主に陽極（電極A）—電極B（陰極）間に加わるので、有機EL部にも電流が流れ、即ちホールはドレイン電極（電極B）からソース電極に向けて移動し、陰極である電極B全面からホールでなく電子が有機EL薄膜層に注入され、一方、陽極（電極A）からホールが有機EL薄膜層に注入され、注入されたホールと電子が再結合して面状発光に至る。発光は透明性の電極B（陰極）を通して基板側から取り出される。

【0045】このように、ソース電極—ドレイン電極間には一定の電圧を印加したままで、ゲート電圧を変化させることで発光輝度を変調することができる。以上、有機トランジスタ活性薄膜層がホール輸送型（p型）である場合を例として説明したが、電子輸送型（n型）

の場合も同様の駆動方法と動作原理が該当する。また、発光を基板側と反対方向の電極Aを通して取り出す場合には、電極AにITO薄膜、半透明金電極等の各種可視光を通過する電極材料等を用いることができるが、ITO薄膜が好適である。

【0046】

【実施例】以下、本発明を実施例により詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

実施例1

ガラス基板上に、図2に示した電極のパターンのマスクを介して金を真空蒸着法により厚さ30nm製膜し、一辺の長さが0.2mmのゲート金電極を作製する。このガラス基板を化学蒸着装置へ移す。減圧下でキシリレンダイマー（商品名：パリレン、日本パリレン（株）製）を加熱蒸発させ、680℃に加熱した加熱管を通して熱分解して、ジラジカルモノマーを発生させる。室温に保持した当該基板上へ発生させたジラジカルモノマー導入し、厚さ300nmのポリパラキシリレン薄膜を作製する。基板を真空蒸着機に移し、有機トランジスタ活性薄膜層としてペンタセン薄膜50nmを真空蒸着により形成する。図3に示した形状のソース電極とドレイン電極を形成するためのマスクパターンを設けて、真空蒸着により厚さ20nmの半透明金薄膜電極を形成する。これにより、チャンネル長が0.1mmでチャンネル幅が約0.8mmのトランジスタと一辺の長さが0.2mmの矩形の電極B（陽極を兼ねる）が形成される。この上に基板全面を覆うように有機ELバンプ層としての銅フタロシアニン（CuPc）を10nm真空蒸着により形成する。この上に正孔輸送層としてのN,N'-ジフェニル-N,N'-(ビス-3-メチルフェニル)-1,1'-ジフェニル-4,4'-ジアミン（TPD）、電子輸送/発光層としての8-オキシキノリノアルミニウム錯体（Alq3）を真空蒸着により、それぞれ50nmの膜厚に形成する。更に、電極A（陰極）として200nmの膜厚のMgAg合金薄膜（重量比10:1）を形成する。作製した素子を石英窓を有する測定容器に移し、容器を真空にして後、素子特性の測定を行う。素子のソース電極を接地し、電極A（陰極）にマイナス100Vの直流電圧を印加する。この状態では発光は全く観測されない。次に、ゲート電極にマイナス電圧を印加し、電圧を増加させると、-30Vで発光が観測される。更に電圧を増加させると発光輝度はほぼゲート電圧の増加に従って増加し、ゲート電圧の値を減らすと輝度は減少する。図5にドレイン電流と発光輝度のゲート電圧依存性を示す。

【0047】実施例2

ガラス基板上に、図2に示した電極のパターンのマスクを介して金を真空蒸着法により厚さ30nm製膜し、一辺の長さが0.2mmのゲート金電極を作製する。このガラス基板を化学蒸着装置へ移す。減圧下でキシリレン

ダイマー（商品名：パリレン、日本パリレン（株）製）を加熱蒸発させ、680℃に加熱した加熱管を通して熱分解して、ジラジカルモノマーを発生させる。室温に保持した当該基板上へ発生させた、ジラジカルモノマー導入し、厚さ300nmのポリパラキシリレン薄膜を作製する。レジオレギュラーポリ（3-オクチルチオフェン-2,5-ジイル）（P3OT）のクロロフォルム溶液からスピンコートにより、100nmの膜厚のトランジスタ活性層を形成する。図1に例示した形状のソース電極とドレイン電極を形成するためのマスクパターンを設けて、真空蒸着により厚さ20nmの半透明金薄膜電極を形成する。これにより、チャンネル長が0.1mmでチャンネル幅が約0.8mmのトランジスタと一辺の長さが0.2mmの矩形の電極B（陽極を兼ねる）が形成される。この上面に基板を全面被覆する形状で、陽極バンプ層としてのポリエチレンジオキシチオフェン/ポリスチレンスルホン酸（PEDOT/PSS）薄膜を100nm、有機EL活性薄膜層としてのポリ（2-メトキシ-5-（2-エチルヘキソキシ）-1,4-フェニレンビニレン（MEH-PPV）のトルエン溶液からスピンコートして100nmの薄膜とする。更に、電極A（陰極）としてカルシウム薄膜150nmとカルシウムの酸化を防止するキャップとしてAlを150nm蒸着する。作製した素子を石英窓を有する測定容器に移し、容器を真空にして後、素子特性の測定を行う。素子のソース電極を接地し、電極A（陰極）にマイナス100Vの直流電圧を印加する。この状態では発光は全く観測されない。次に、ゲート電極にマイナス電圧を印加し、電圧を増加させると、-20Vで発光が観測される。更に電圧を増加させると発光輝度はほぼゲート電圧の増加に比例して増加し、ゲート電圧の値を減らすと輝度は減少する。図6にドレイン電流と発光輝度のゲート電圧依存性を示す。

【0048】実施例3

ガラス基板上に、図2に示した電極のパターンのマスクを介して金を真空蒸着法により厚さ30nm製膜し、一辺の長さが0.2mmのゲート金電極を作製する。このガラス基板を化学蒸着装置へ移す。減圧下でキシリレンダイマー（商品名：パリレン、日本パリレン（株）製）を加熱蒸発させ、680℃に加熱した加熱管を通して熱分解して、ジラジカルモノマーを発生させる。室温に保持した当該基板上へ発生させた、ジラジカルモノマー導入し、厚さ300nmのポリパラキシリレン薄膜を作製する。次に図3に示した形状のソース電極とドレイン電極を形成するためのマスクパターンを設けて、真空蒸着により厚さ20nmの半透明金薄膜電極を形成する。これにより、チャンネル長が0.1mmでチャンネル幅が約0.8mmのトランジスタと一辺の長さが0.2mmの矩形の電極B（陽極を兼ねる）が形成される。トランジスタ活性層と有機EL活性層とを兼ねる薄膜層として

ポリ(2-メトキシ-5-(2-エチルヘキソキシ)-1,4-フェニレンビニレン(MEH-PPV)のトルエン溶液からスピコートして100nmの薄膜とする。更に、電極A(陰極)としてカルシウム薄膜150nmとカルシウムの酸化を防止するキャップとしてAlを150nm蒸着する。作製した素子を石英窓を有する測定容器に移し、容器を真空にして後、素子特性の測定を行う。素子のソース電極を接地し、電極A(陰極)にマイナス100Vの直流電圧を印加する。この状態では発光は全く観測されない。次に、ゲート電極にマイナス電圧を印加し、電圧を増加させると、-60Vで発光が観測される。更に、電圧を増加させると発光輝度はほぼゲート電圧の増加に比例して増加し、ゲート電圧の値を減らすと輝度は減少する。

【0049】

【発明の効果】本発明の有機薄膜発光トランジスタによれば、有機EL素子と有機トランジスタを一体化し、極めて容易に作製することができるとともに、トランジスタで制御する有機EL素子の特性を画期的に向上させることができ、基板上に占める発光部の比占有面積を格段に改良することができる。更に、この発光トランジスタをピクセルとしてマトリックスに組み込んだ面状ディスプレイを用いれば、すべてのピクセルに一定の駆動電圧を印加した状態で、ピクセルのゲート電圧のみをアドレスすることで高い解像度で階調性を持つ画像表示が可能となる。本発明の発光輝度制御方法によれば、ゲート電圧を変化させるだけで有機EL素子の発光輝度を変調す

ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態における有機薄膜発光トランジスタの断面図

【図2】図1のA-Aにおける断面図であり、ゲート電極の形状の一例を示す図

【図3】図1のB-Bにおける断面図であり、ソース電極と電極Bの形状の一例を示す図

【図4】本発明の一実施の形態における有機薄膜発光トランジスタの断面図

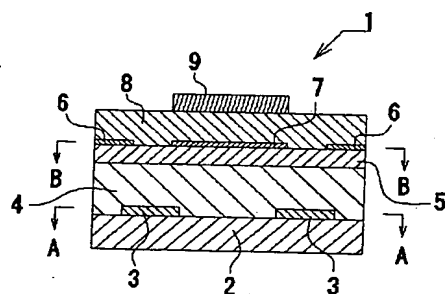
【図5】ドレイン電流と発光輝度のゲート電圧依存性を示すグラフ

【図6】ドレイン電流と発光輝度のゲート電圧依存性を示すグラフ

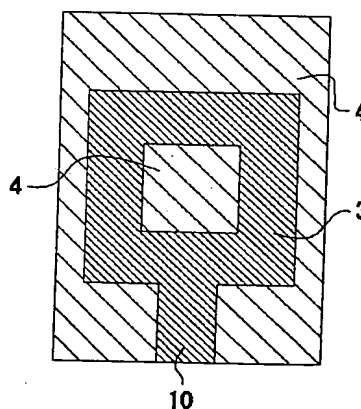
【符号の説明】

- 1, 1a 有機薄膜発光トランジスタ
- 2, 2a 基板
- 3, 3a ゲート電極
- 4, 4a ゲート絶縁薄膜層
- 5 有機トランジスタ活性薄膜層
- 5a 有機薄膜層
- 6, 6a ソース電極
- 7, 7a 電極B
- 8, 8a 有機EL薄膜層
- 9, 9a 電極A
- 10 電極の取出口
- 11 電極の取出口

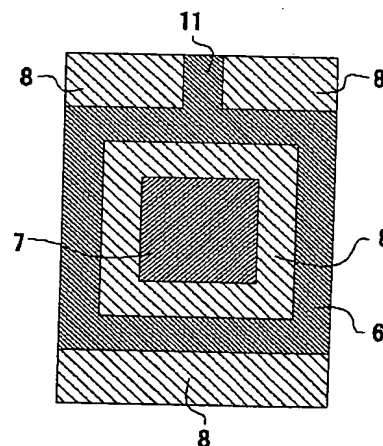
【図1】



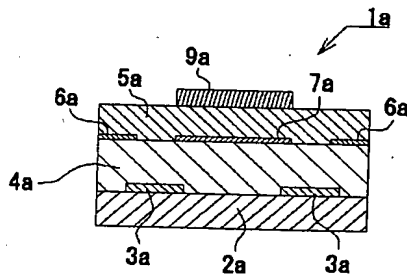
【図2】



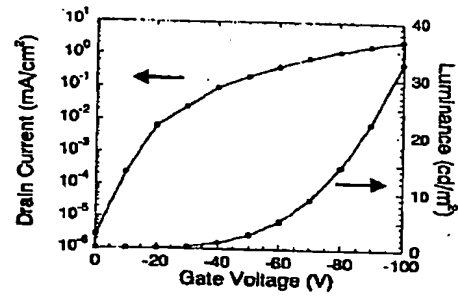
【図3】



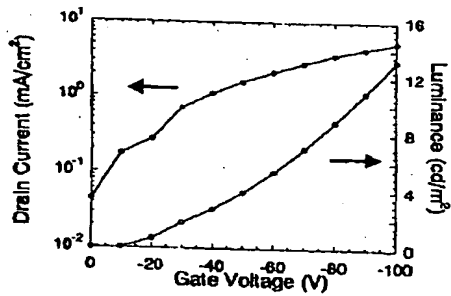
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

G 0 9 G 3/20

3/30

H 0 5 B 33/08

33/26

識別記号

6 4 2

F I

G 0 9 G 3/20

3/30

H 0 5 B 33/08

33/26

ターコード (参考)

6 4 2 D

K

Z

F ターム (参考) 3K007 AB02 AB18 DB03 GA00 GA04
5C080 AA06 BB05 DD05 DD07 DD10
DD25 DD28 EE29 FF11 HH09
JJ05 JJ06
5C094 AA10 AA43 BA03 BA27 CA19
CA20 DA14 EA04 FA01 FB01
FB14